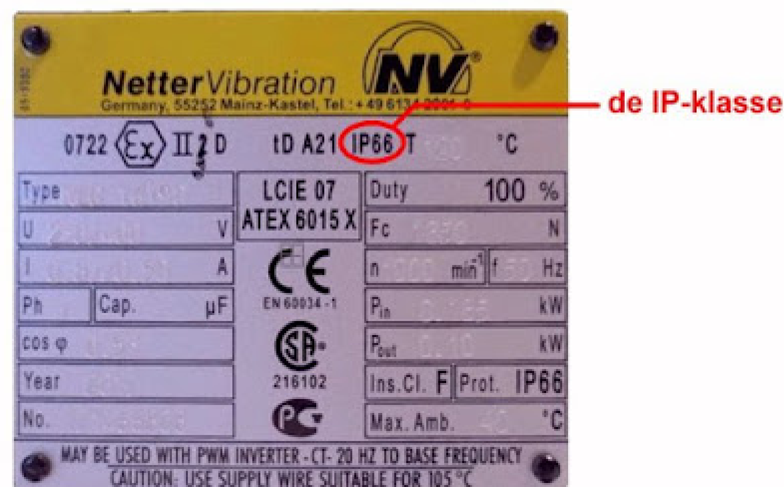
CAT-ratings en IP-klassen

De omgeving waarin u elektronische apparatuur kan en mag gebruiken wordt internationaal aangeduid door de CAT-ratings en de IP-klassen. Deze classificaties treft u op vrijwel ieder typeplaatje van een elektronisch apparaat aan.

Auteur: Jos Verstraten, Landgraaf, Nederland
Email: josverstraten@live.nl
Publicatiedatum: 11-02-2021

De IP-klassen

International Protection Rating
Het letterwoord '*IP*' staat voor '*International Protection*'. Sommige bronnen hebben het echter over '*Ingress Protection*', letterlijk vertaald '*bescherming tegen binnendringing*'. Dat is precies wat IP doet. De IP-klasse geeft u een indicatie hoe goed (of slecht) een apparaat is beschermd tegen het binnendringen van vocht en voorwerpen. In de onderstaande figuur ziet u een typeplaatje op een motor. Dank zij de vermelde specificatie '*IP66*' weet u precies waar u deze motor mag toepassen: het apparaat is beschermd tegen het binnendringen van stof en is waterbestendig.



Op vrijwel ieder elektrisch apparaat treft u de IP-klasse op het type-plaatje aan. (© 2021 Jos Verstraten)

De IP-codering
De IP-specificatie is internationaal genormaliseerd in de norm IEC 60529. De totale omvang van de codering is voorgesteld in de onderstaande figuur en bestaat uit de letters IP, gevolgd door drie cijfers en twee letters. Deze totale code zult u in de praktijk echter maar zelden tegenkomen. In de meeste gevallen is de code beperkt tot de eerste twee cijfers, bijvoorbeeld IP54. Het eerste cijfer geeft dan de beschermingsgraad aan tegen het binnendringen van voorwerpen, het tweede cijfer de beschermingsgraad tegen het binnendringen van vocht.



De samenstelling van de volledige IP-code. (© 2021 Jos Verstraten)

Eerste cijfer: bescherming tegen binnendringen van voorwerpen
Zoals reeds geschreven geeft het eerste cijfer achter de letters IP een indicatie over hoe goed het apparaat is beschermd tegen het binnendringen van voorwerpen. De code definieert zes cijfers, van 0 tot en met 6 en de letter X die staat voor '*onbekende bescherming*'.

- **Cijfer 0:**
  Geen bescherming.
- **Cijfer 1:**
  Beschermd tegen het binnendringen van voorwerpen die groter zijn dan 50 mm. Het is niet mogelijk het apparaat met de hand binnen te dringen.
- **Cijfer 2:**
  Beschermd tegen het binnendringen van voorwerpen die groter zijn dan 12,5 mm. Het is niet mogelijk het apparaat met een vinger binnen te dringen.
- **Cijfer 3:**
  Beschermd tegen het binnendringen van voorwerpen die groter zijn dan 2,5 mm. Het is niet mogelijk het apparaat met een werktuig binnen te dringen.
- **Cijfer 4:**
  Beschermd tegen het binnendringen van voorwerpen die groter zijn dan 1,0 mm. Het is niet mogelijk het apparaat met een draad binnen te dringen.
- **Cijfer 5:**
  Het apparaat is weliswaar niet volledig stofdicht, maar wel in een voldoende mate om de goede werking van het apparaat niet te hinderen.
- **Cijfer 6:**
  Het apparaat zit in een volledig gesloten behuizing en is stofdicht.

Tweede cijfer: bescherming tegen binnendringen van vocht
Deze specificatie wordt gedefinieerd door een cijfer van 0 tot en met 9 en weer met de letter X die staat voor '*onbekende bescherming*'.

- **Cijfer 0:**
  Geen bescherming.
- **Cijfer 1:**
  Drupdicht type 1. Geen binnendringing van verticaal vallende waterdruppels. De test wordt uitgevoerd door het apparaat tien minuten op een draaitafel te leggen die draait met een snelheid van een omwenteling per minuut. De waterstroom is equivalent aan regenval van 1 mm per minuut.
- **Cijfer 2:**
  Drupdicht type 2. Geen binnendringing bij waterdruppels die onder een hoek van 15° invallen. Er worden in totaal vier posities van het apparaat getest, iedere test duurt 2,5 minuten. De waterstroom is equivalent aan een regenbui van 3 mm per minuut.
- **Cijfer 3:**
  Spatdicht. Geen binnendringing bij besproeiing met water onder een hoek van -60° tot +60°. Voor de test wordt het apparaat vijf minuten in iedere positie besproeit met water met een debiet van tien liter per minuut onder een druk van 100 kPa.

- **Cijfer 4:**
  Plensdicht. Geen binnendringing bij besproeiing met water onder alle mogelijke richtingen. De test duurt tien minuten met besproeiing met water met een debiet van tien liter per minuut onder een druk van 100 kPa.
- **Cijfer 5:**
  Sproeidicht. Geen binnendringing als het apparaat vanuit iedere richting wordt bespoten. De test duurt drie minuten en bestaat uit het bespuiten van het apparaat vanuit alle richtingen met water met een debiet van 12,5 liter per minuut onder een druk van 30 kPa.
- **Cijfer 6:**
  Waterbestendig. Geen binnendringing van water bij bespuiten van het apparaat met 100 liter per minuut vanuit alle richtingen. De test duurt drie minuten, de waterdruk bedraagt 100 kPa.
- **Cijfer 7:**
  Dompeldicht. Geen binnendringing van water als het apparaat gedurende dertig minuten tot een diepte van één meter wordt ondergedompeld in water.
- **Cijfer 8:**
  Waterdicht. Het apparaat is bestand tegen voortdurende onderdompeling in water tot een diepte van een meter. De specifieke voorwaarden van de onderdompeling worden overgelaten aan de fabrikant van het apparaat, maar moeten in ieder geval strenger zijn dan bij categorie 7.
- **Cijfer 9:**
  Vochtdicht. Het apparaat werkt schadevrij bij een vochtigheidsgraad van meer dan 90% of bij continue besproeiing onder hoge druk en hoge temperatuur. Het apparaat wordt op een draaitafel gezet en gedurende minstens drie minuten bespoten met 15 liter water per minuut onder een druk van 10 MPa vanaf een afstand van 10 cm tot 15 cm.

Derde cijfer: bescherming tegen externe kracht
Deze specificatie is ooit aan de IP-norm toegevoegd om aan te geven welke krachten op een apparaat kunnen worden uitgeoefend. Deze specificatie is echter verouderd en vervangen door de norm EN 62262. Een probleem was de juiste technische omschrijving van deze specificatie en de manier waarop moet worden getest.
In het onderstaand overzicht wordt aangegeven tot welke stootenergie, uitgedrukt in joule, een apparaat bestand moet zijn. Maar, nogmaals, de kans dat u dit derde cijfer in een IP-code aantreft is minimaal.

- **Cijfer 0:**
  Geen beveiliging tegen externe krachten.
- **Cijfer 1:**
  Beveiligd tegen krachten tot 0,225 J.
- **Cijfer 2:**
  Beveiligd tegen krachten tot 0,375 J.
- **Cijfer 3:**
  Beveiligd tegen krachten tot 0,500 J.
- **Cijfer 4:**
  Wordt niet gespecificeerd.
- **Cijfer 5:**
  Beveiligd tegen krachten tot 2,000 J.
- **Cijfer 6:**
  Wordt niet gespecificeerd.
- **Cijfer 7:**
  Beveiligd tegen krachten tot 6,000 J.
- **Cijfer 8:**
  Wordt niet gespecificeerd.
- **Cijfer 9:**
  Beveiligd tegen krachten tot 10,00 J.

De aanvullende letters
Ook dit deel van de IP-code zult u zelden tegenkomen. Maar, alweer voor de volledigheid, wordt deze tóch onderstaand vermeld.
De eerste letter geeft een idee over de manier waarop bescherming wordt geboden tegen de aanraking van gevaarlijke delen in het apparaat. Deze specificatie zit ook al in het eerste cijfer, dus in feit is dit dubbel op.

- **Letter A:**
  Grootste opening in de behuizing is 50 mm, geen binnendringen mogelijk met de rug van uw hand.
- **Letter B:**
  Grootste opening in de behuizing is 12 mm, geen binnendringen mogelijk met uw vingers.
- **Letter C:**
  Grootste opening in de behuizing is 2,5 mm, geen binnendringen mogelijk met standaard gereedschappen.
- **Letter D:**
  Grootste opening in de behuizing is 1,0 mm, geen binnendringen mogelijk met elektrische draden.

De tweede letter geeft aanvullende informatie over het soort apparaat:

- **Letter H:**
  Het apparaat werkt en/of is aangesloten op hoogspanning.
- **Letter M:**
  Apparaat beweegt tijdens de vochttest.
- **Letter S:**
  Apparaat beweegt niet tijdens vochttest.
- **Letter W:**
  Apparaat is geschikt voor specifieke, door de fabrikant gedefinieerde weerscondities.

Een paar voorbeelden van vaak gebruikte IP-codes
Als u een smartphone koopt of een bluetooth speaker die u ook buiten wilt gebruiken is het van belang goed op de IP-code van de apparaten te letten.

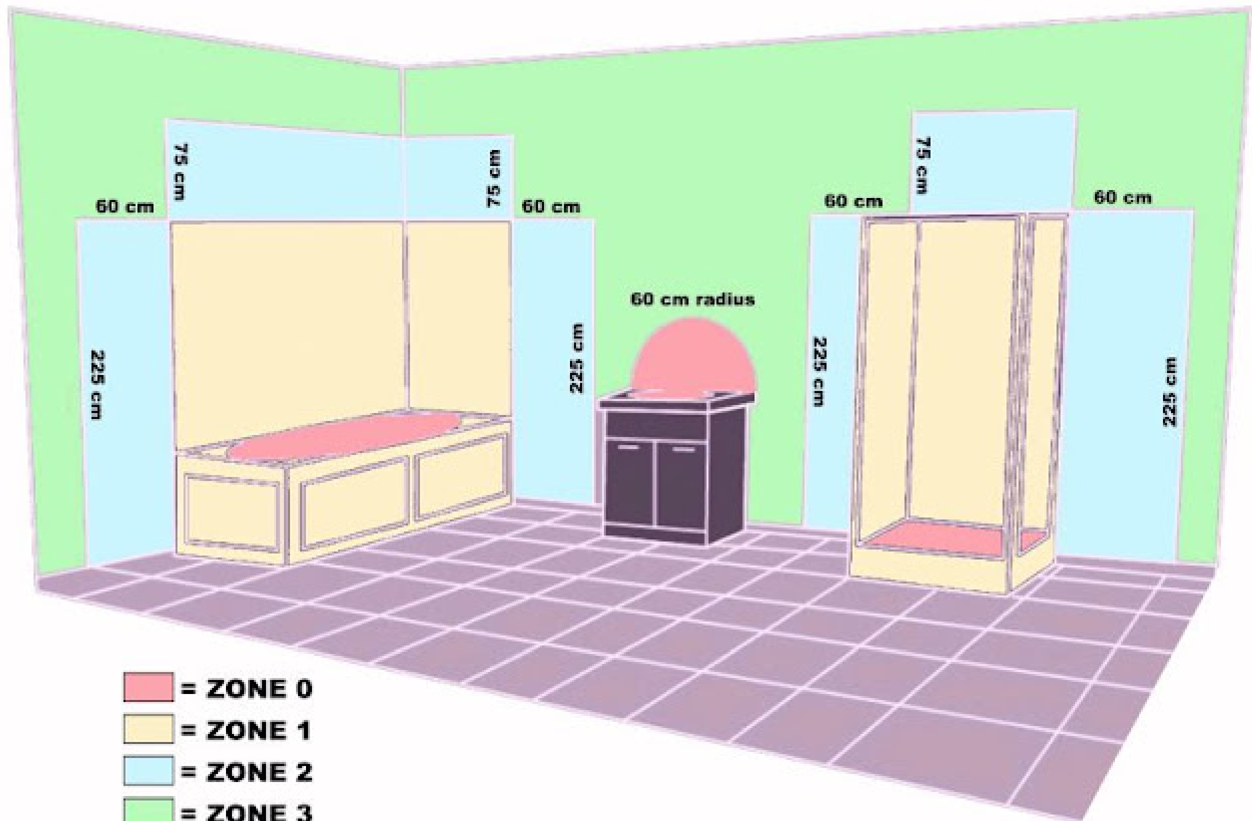
- **Code IP66:**
  Zo'n apparaat is volledig beschermd tegen stof en u kunt het zonder bezwaar gebruiken als er een flinke stortbui uitbreekt.
- **Code IP67:**
  Een bluetooth speaker met deze beschermingsgraad kunt u zonder problemen meenemen naar het zwembad. Als het apparaat per ongeluk door iemand in het zwembad wordt getrapt en het direct weer wordt opgevist is er geen vuiltje aan de lucht!
- **Code IP68:**
  Dat is de hoogste graad van bescherming die u bij consumentenapparatuur zult aantreffen. Zelfs als zo'n apparaat in een zwembad valt en het even duurt alvorens het wordt teruggevonden is de kans op overleving erg groot.

Speciale klassen voor armaturen
Voor armaturen, dus de apparaten waarin u spaar- of LED-lampen monteert, geldt een andere klasse-indeling die niets met IP te maken heeft maar die u in de praktijk vaak zult tegenkomen:

- **Klasse I:**
  Geaard armatuur voor gebruik met 230 V.
- **Klasse II:**
  Dubbel geïsoleerd armatuur voor gebruik met 230 V.

- **Klasse III:**
  Veiligheidslamp die alleen met laagspanning mag worden gevoed.

De zonering voor badkamers
Nu wij het tóch over het gebruik van armaturen hebben is het nuttig even dieper in te gaan op de vraag waar u in uw badkamer een armatuur mag monteren en welke IP-waarde en klasse dat moet zijn. In de onderstaande figuur wordt dit belangrijk veiligheidsaspect toegelicht. De indeling van de zones geldt alleen voor woningen met een aardlekschakelaar.



De zone-indeling van een badkamer. (© 2021 Jos Verstraten)

- **Zone 0 (rood):**
  Dit is de ruimte in het bad en de douchebak en de ruimte rond de kraan van de wastafel. In zone 0 mogen zich uiteraard geen netgevoede elektrische apparaten of lampen bevinden. Lampjes die werken op 12 V en in een klasse III armatuur zitten dat voldoet aan de IP-norm IPX8 mogen wél.
- **Zone 1 (lichtgeel):**
  Dit is de ruimte direct boven de douchebak of het bad tot 2,25 meter hoogte. De minimale beschermingsklasse is IP65 en de klasse is III. Dus ook in deze zone is 230 V absoluut verboden!
- **Zone 2 (lichtblauw):**
  Dit is het gebied met een breedte van 60 cm rond het bad of de douche. In zone 2 mag u alleen elektrische apparatuur gebruiken die minimaal voldoen aan de beschermingsklasse IPX4 en voor armaturen klasse I, II of III.
- **Zone 3 (lichtgroen):**
  Dit is wat nog overblijft van de muren van uw badkamer. In deze zone mag u schakelaars en geaarde stopcontacten plaatsen, maar alleen als deze achter een aardlekschakelaar staan. Ook verlichting met een lagere beschermingswaarde dan IP-x4 is toegestaan. Wel moeten de armaturen van klasse I, II of III zijn.

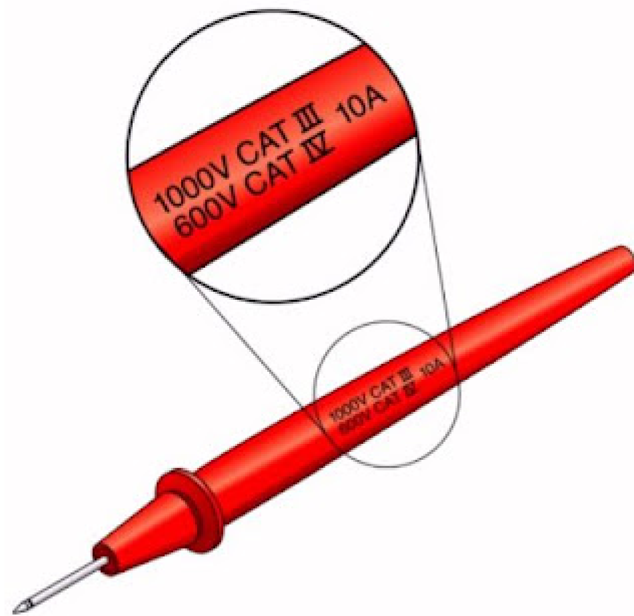
De CAT-ratings

Hoe veilig is uw multimeter?
Als u uw multimeter op de stand '*500 V~*' zet en de meetkabels in de juiste connectoren plugt, kunt u zonder enig gevaar de waarde van de netspanning op een wandcontactdoos meten. Dat geldt zowel voor een Aneng van een tientje als voor een Fluke van tweehonderdvijftig euro. Maar wat gebeurt er als u per ongeluk uw meter op de stand '*10* A_{dc}' zet en dezelfde meting uitvoert? Springt dan alleen de inwendige zekering van de meter of verbrandt het deel van de print rond de stroomsensor met een vlamboog explosie tot gevolg?
Om dat kwaliteitsverschil tussen meetapparatuur te normeren geeft men het begrip '*Meetcategorie*' ingevoerd.

Vier meetcategorieën
De '*International Electrotechnical Commission*', in de volksmond '*IEC*' genoemd, heeft de taak op zich genomen om alle meetapparaten die spanning of stroom kunnen meten in te delen in vier verschillende categorieën die CAT I, CAT II, CAT III en CAT IV worden genoemd. Let op de Latijnse cijfers, want die maken onlosmakelijk deel uit van de naamgeving van deze norm. De definities van deze normering zijn samengevat in het normblad IEC 61010-1 en worden '*CAT-ratings*' genoemd. Het systeem wordt toegepast op bijvoorbeeld spanningzoekers, multimeters, oscilloscopen, meetprobes en -kabels. De internationale norm IEC 61010-1 wordt '*Safety requirements for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use*' genoemd en werd voor het eerst gepubliceerd in 1990.

Wat definieert de CAT-rating?
De CAT-rating gaat uit van het potentiële gevaar dat aanwezig is op een punt waarop u spanning of stroom meet. Dat potentiële gevaar is afhankelijk van de maximale spanning die op dat punt aanwezig kan zijn en de maximale stroom die dat punt kan leveren. Let op de woorden kán in de vorige zin. Men gaat niet uit van de normale spanning of stroom, maar van de maximale waarde die in de slechts mogelijke omstandigheden kan voorkomen.
Het zal duidelijk zijn dat als dit meetpunt zich bevindt in een draagbare MP3-speler zowel de maximale spanning als de maximale stroom beperkt zijn. Zelfs in de '*worst case condition*' zal dat punt een vermogen van hooguit een paar watt kunnen leveren. Zo'n meetpunt krijgt een CAT I rating.
Als dat meetpunt zich echter bevindt aan de secundaire kant van de trafo in een transformatorhuisje is de maximale spanning die op dat punt kan staan 400 V en de leverbare stroom duizenden ampère. Als u daar een foutje maakt bij het meten kan er opeens een vermogen van een paar megawatt vrijkomen. Meer dan genoeg om grote vlambogen en een forse warmte-explosie te veroorzaken! Zo'n meetpunt krijgt een CAT IV rating.

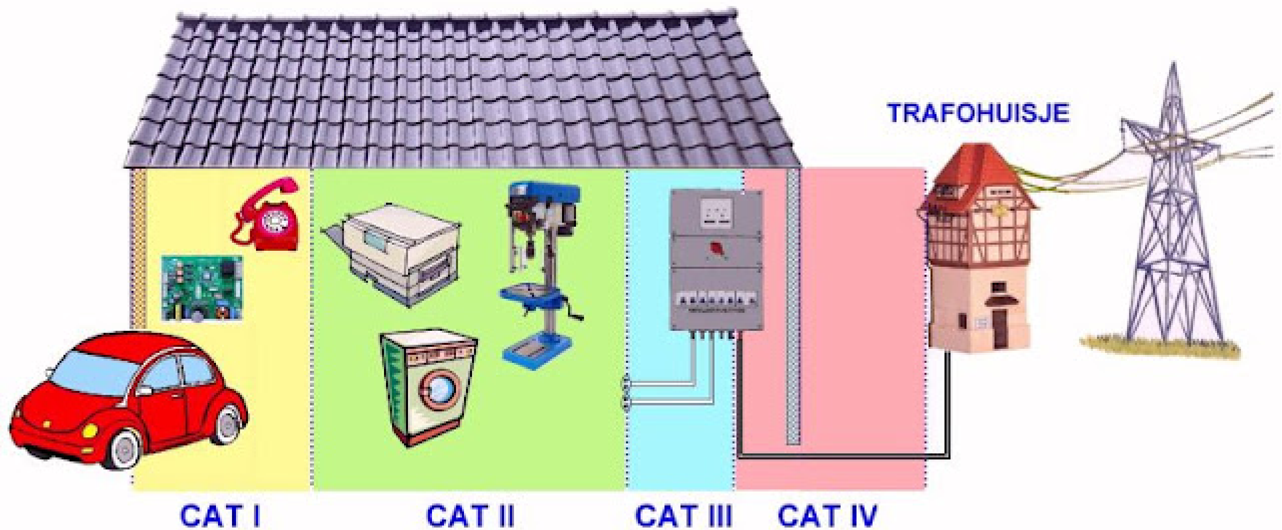
Meters voor spanning en/of stroom krijgen een CAT-rating
Het zal duidelijk zijn dat u voor het meten op het eerste meetpunt zonder bezwaar een tien euro Aneng kunt gebruiken. Voor het meten in het transformatorhuisje raden wij u dat ten stelligste af. Metingen op die plaats kunt u alleen veilig uitvoeren als u een multimeter gebruikt die gegarandeerd een CAT IV rating heeft.
Op ieder apparaat dat spanningen en/of stromen kan meten zult u dus een CAT-rating aantreffen. Dat geldt zelfs voor meetpennen en kabels, zoals de onderstaande afbeelding laat zien. Naast de CAT-rating ziet u een spanningswaarde staan. Daar komen wij in de rest van dit verhaal op terug.



De CAT-rating op een meetpen. (© Fluke Corporation)

De definitie van de vier CAT-ratings
Uit de onderstaande figuur wordt meteen duidelijk welke CAT-rating aan welke meetpunten wordt toegekend. Hieruit kunt u dan ook afleiden aan welke CAT-rating uw meetapparatuur moet voldoen als u op een bepaalde plaats wilt meten. Wij vatten het ook nog eens in woorden voor u samen:

- **CAT I meetapparatuur:**
  Geschikt voor metingen aan kringen die geen directe verbinding hebben met het 230 V net, die dus worden gevoed uit een geïntegreerde transformator, accu's of batterijen. Voorbeelden zijn zaklampen, camera's, mobiele telefoons, losse printplaten en elektrische en elektronische apparatuur in auto's.
- **CAT II meetapparatuur:**
  Geschikt voor metingen aan eenfasige verbruikers die via een wandcontactdoos met het 230 V net zijn verbonden, bijvoorbeeld huishoudelijke apparaten en draagbare elektrische apparaten.
- **CAT III meetapparatuur:**
  Geschikt voor metingen aan alles dat vast is aangesloten op het een- of driefasig spanningsdistributienet in een gebouw, zoals zonnepanelen, automaten, schakelaars, wandcontactdozen en de bedrading in de muur.
- **CAT IV meetapparatuur:**
  Geschikt voor metingen aan de bron van uw huisinstallatie, zoals verbruiksmeters, de hoofdaansluiting en de primaire zekeringen in de meterkast. Alle geleiders buiten gebouwen en in ondergrondse leidingen.



De CAT-rating van alle plaatsen waar u in de praktijk kunt meten. (© 2021 Jos Verstraten)

De maximale werk- en impulsspanningen
Wij schreven in een vorige paragraaf dat de CAT-ratings vergezeld gaan van spanningsindicaties. Dit heeft te maken met de maximale impulsspanningen die de diverse ratings moeten weerstaan. Onder normale omstandigheden mag er op een wandcontactdoos in uw huis een maximale effectieve wisselspanning staan van 253 V. Maar stel dat er een bliksem inslaat in de buurt van uw huis en er een forse inductiespanning in de netkabel onder het trottoir wordt gegenereerd. Dan kan er een zeer korte spanningspiek van duizenden volt op de wandcontactdoos ontstaan. Wat gebeurt er dan in uw multimeter als u net op dát moment de netspanning meet? Overleeft uw meter dit incident of ontstaat er een vlamboog in het interne?
Om de weerstand van uw meetapparatuur tegen dergelijke transiëntverschijnselen te definiëren worden de vier CAT-ratings aangevuld met vier extra spanningsklassen. Deze geven aan tot welke piekspanning de apparatuur is beveiligd.

SPANNINGSKLASSE	MAXIMALE TRANSIËNT SPANNING			
	CAT I	CAT II	CAT III	CAT IV
150 V	800 V	1.500 V	2.500 V	4.000 V
300 V	1.500 V	2.500 V	4.000 V	6.000 V
600 V	2.500 V	4.000 V	6.000 V	8.000 V
1.000 V	4.000 V	6.000 V	8.000 V	12.000 V
BRONIMPEDANTIE	30 Ω	12 Ω	2 Ω	2 Ω

De vier extra spanningsklassen van de vier CAT-ratings.
(© 2021 Jos Verstraten)

De bronimpedantie
In de laatste rij van de bovenstaande tabel ziet u '*bronimpedantie*' staan. Deze grootheid specificeert de maximale impedantie die u kunt verwachten op het punt waarop u meet. Dat kan het best worden toegelicht met een voorbeeld. Stel dat u meet met een multimeter met CAT III rating en 1.000 V klasse. Deze meter moet, op al zijn bereiken, in staat zijn een transiëntspanning van maximaal 8.000 V, aangeleverd via een impedantie van 2 Ω, te verwerken. Dat betekent dus dat deze multimeter in staat moet zijn een zeer korte piekstroom van niet minder dan 4.000 A te verwerken zonder uit elkaar te spatten door de gegenereerde hitte. Dat stelt uiteraard enorme eisen aan de constructie van een dergelijke meter en aan de gebruikte componenten. Het grote verschil tussen een Aneng van € 10,00 en een Fluke van € 250,00!

De clearance en creepage in de CAT-ratings
Onder '*clearance*' wordt verstaan de vrije ruimte in de lucht tussen twee spanningvoerende

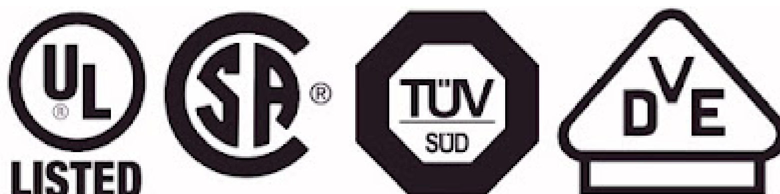
geleiders.
Met '*creepage*' wordt de onderlinge afstand gedefinieerd tussen de geleiders over het oppervlak.
De breedte van deze vrije ruimte hangt uiteraard af van de elektrische isolatie tussen de gebruikte materialen in een multimeter en van de mogelijkheid tot het ontstaan van vlambogen tussen twee onder spanning staande delen of tussen spanningvoerende en geaarde delen. Hogere spanningen vereisen grotere '*clearance*' en '*creepage*'. De door de IEC 61010-1 vereiste waarden kunnen variëren van 0,04 mm voor enkele isolatie bij CAT I / 150 V, tot 28 mm voor dubbele isolatie bij CAT IV / 1.000 V.

De CAT-rating van meetprobes
Voor CAT III en CAT IV meetprobes geldt dat er maximaal 4 mm van de metalen punt aanraakbaar mag zijn. In de onderstaande foto ziet u duidelijk het verschil tussen een CAT II probe (*boven*) en een CAT III / CAT IV probe (*onder*).



Het verschil tussen een CAT II en een CAT III / CAT IV meetprobe.
(© 2021 Jos Verstraten)

De slager keurt zijn eigen vlees
Als u veronderstelt dat er een internationale organisatie bestaat die alle meetapparatuur test en er een CAT-rating aan toekent, dan hebt u het mis. Het wordt aan de fabrikanten zélf overgelaten om hun meetapparatuur te certificeren als CAT I, CAT II of CAT III.
Dat heeft tot gevolg dat vooral Chinese fabrikanten van goedkope meetapparatuur een veel te hoge CAT-rating op hun meetinstrumenten afdrukken. Wie, immers, kan daar wat tegen doen?
De IEC ontwikkelt dus weliswaar de normen, maar is niet verantwoordelijk voor het toezicht op de naleving van deze normen. Als u er zeker van wilt zijn dat een meter écht een CAT III rating heeft, dan moet u er op letten of de fabrikant kan aantonen dat dit door een van de bekende onafhankelijke organisaties, zoals TÜV, VDE of UL, is getest. Als u een van de onderstaande beeldmerken op een meetapparaat ziet staan, dan is dat een garantie dat de specificaties die de fabrikant vermeldt betrouwbaar zijn.



Beeldmerken van beroemde keuringsinstituten.

Heeft het CE beeldmerk iets te betekenen in dit kader?
Nee, helemaal niets! Ook hiervoor geldt dat fabrikanten zélf de '*Declaration of Conformity*' kunnen opstellen voor hun product, zonder dat de CAT-rating of andere veiligheidsspecificaties door een onafhankelijk instituut zijn getest.

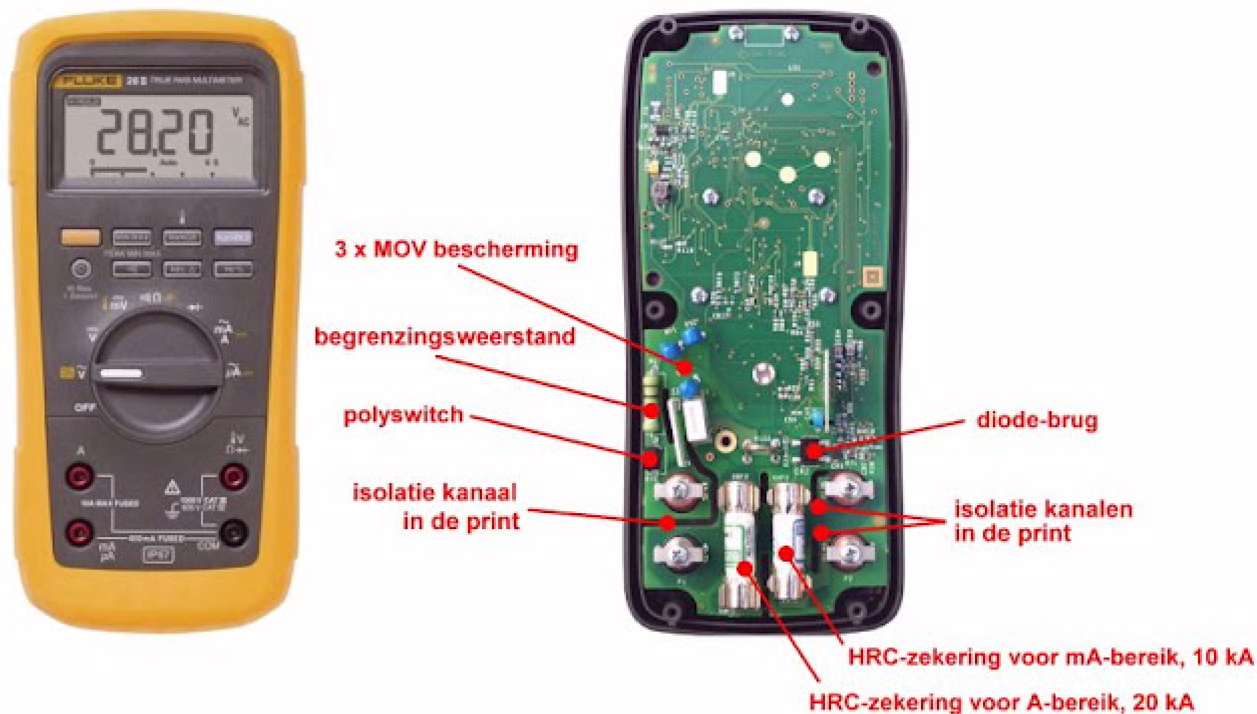
Let op bij het vervangen van zekeringen!
Vrijwel alle multimeters hebben een of twee zekeringen die de meetbereiken voor stroom beveiligen tegen overbelasting. De kwaliteit van deze zekeringen is een belangrijke factor bij het bepalen welke CAT-rating een apparaat heeft.

Digitale multimeters van het betere soort zijn voorzien van een speciale zekering met een hoge energie-capaciteit die is ontworpen om de zeer hoge transiëntvermogens van de CAT III en CAT IV ratings te absorberen. Dat zijn zogenaamde '*HRC-fuses*', letterwoord van '*__H__igh __R__upturing __C__apacity*'.
Deze zekeringen kosten meer dan € 8,50 en de verleiding is groot om deze te vervangen door goedkopere zekeringen met identieke afmetingen. Doe dat nooit! U vergroot het risico op blootstelling aan een vlamboog explosie als de meter, geschakeld in het stroombereik, per ongeluk op een spanning met een hoge energie-inhoud en een lage impedantie wordt aangesloten.



Een HRC-zekering van 10 mm bij 38 mm. (© STAUBLI)

Een voorbeeld van een CAT IV / 600 V multimeter
Tot slot van dit artikel geven wij u een inkijkje in een '*intrinsiek veilige*' multimeter, de Fluke 28 Series II. Deze multimeter ziet er uiterlijk helemaal niet indrukwekkend uit. Indrukwekkend is wél de prijs van meer dan zeshonderd euro. De CAT-ratings zijn CAT III / 1.000 V en CAT IV / 600 V. U kunt er dus overal mee meten!



De Fluke 28 Series II, een intrinsiek veilige CAT IV multimeter. (© 2021 Jos Verstraten)

Intern vallen onmiddellijk de twee forse zekeringen op. Dat zijn uiteraard HRC-exemplaren. De grootste kan een zeer korte piekstroom van 20.000 A absorberen, de kleine 10.000 A. De drie blauwe onderdeeltjes, links op de print, zijn MOV's. Dat is het letterwoord van '*__M__etal __O__xide __V__aristor*'. Zo'n onderdeel heeft een zeer hoge weerstand tot de spanning erover een bepaalde drempelwaarde bereikt. Dan valt de weerstand terug tot een heel lage waarde. Die MOV's staat waarschijnlijk achter die ene zeer grote begrenzingsweerstand, die als beveiliging voor de spanningsbereiken zal dienen.

Verder is er in de ingang nog een '*polyswitch*' aanwezig. Dat is een zichzelf resettende zekering met positieve temperatuurcoëfficiënt die wordt gebruikt om het apparaat te beschermen tegen overstroom fouten. Naast de stroomsensor staat een diodebrug die ook een rol speelt in de beveiliging van de elektronica tegen te hoge spanningen. Let tot slot nog op de diverse gleuven in de print, isolatie kanalen die de clearance en de creepage van de print vergroten.
Kortom, de Fluke 28 is een van de veiligste multimeters ter wereld, maar waarom zo'n apparaat zoveel geld moet kosten is voor ons een raadsel.